Amateurfunk-Prüfungsfragen

TECHNIK, Bewilligungsklasse 1

mit eingearbeiteten Antworten und zusätzlichen Erläuterungen.

Vorwort:

Dieser interne Arbeitsbehelf für Lernende und Vortragende, welche die ÖVSV Skripten besitzen, wurde anlässlich des Amateurfunkkurses 2008 des ADL601 von OE6GC erstellt.

Der Arbeitsbehelf stützt sich weitestgehend auf das Skriptum „Amateurfunk-Lehrgang" des ÖVSV. Er wurde mit zweckmäßig erscheinenden Kommentaren, Erläuterungen und Grafiken ergänzt und für einen aufbauenden Vortrag folgerichtig sortiert.

Bei anderen Abbildungen ist der jeweilige Autor angegeben, der sein Einverständnis für die Verwendung in diesem Arbeitsbehelf gegeben hat.

Diese Unterlage basiert auf dem Fragenkatalog, wie er seit Mai 2009 verwendet wird.

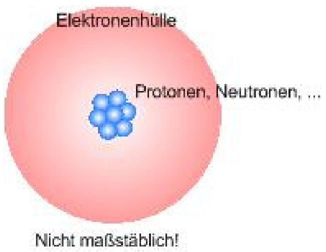
Allgemeine Einführung:

Allgemeine Erklärungen zur Elektronik
Zwar kein Prüfungsstoff aber vielleicht zur Erklärung, wie die Elektronik funktioniert.

Was ist elektrischer Strom?

Anmerkung: diese Erklärungen sind teilweise stark vereinfacht, um das Verständnis für die Zusammenhänge zu ermöglichen. Physiker, Chemiker, Nachrichtentechniker und andere, die über eine entsprechende Ausbildung verfügen, werden ersucht, diese Simplifizierung zu verzeihen. Hinweise über falsche oder unvollständige Darstellungen nehmen wir gerne entgegen.

Als elektrischer Strom wird der Transport von Ladungsträgern bezeichnet.
Jetzt sollten wir klären: was sind Ladungsträger und warum werden diese transportiert?
Wie bekannt sein dürfte, besteht jedes Material in unserem Universum aus **Atomen**. Diese bestehen aus einem elektrisch positiv geladenen Atomkern, in dem sich neben den Protonen auch noch anderer Teilchen befinden und der ihn umgebenden Atom*hülle* aus negativ geladenen Elektronen.



Normalerweise sind Atome neutral, weil sie gleich viele Protonen und Elektronen enthalten, deren Ladungen einander aufheben. Werden Elektronen entfernt oder hinzugefügt, so erfolgt eine positive oder negative elektrische Ladung; Atome in diesem Zustand werden als **Ionen** und diese Umwandlung als **Ionisierung** bezeichnet.

Elektrischer Strom ist die Bezeichnung für eine gerichtete Bewegung von Ladungsträgern, zum Beispiel von **Elektronen** oder **Ionen**, in einem Stoff oder im Vakuum. Ruhende Ladungsträger können durch unterschiedliche Kräfte in Bewegung gesetzt werden. Einmal in Bewegung, können sich die Ladungsträger auch in feldfreien Räumen weiter bewegen. Ein Beispiel dafür ist die Elektronenbewegung in einer Elektronenröhre.

Am Beispiel einer elektrischen Batterie lässt sich das Prinzip des Stromflusses veranschaulichen. Elektrochemische Prozesse in der Batterie bewirken eine Ladungstrennung; die Elektronen werden auf einer Seite gesammelt (Minuspol), auf der anderen Seite abgezogen (Pluspol). Dadurch entsteht eine Potentialdifferenz, eine elektrische Spannung zwischen den Polen.

Dieses Spannungsgefälle übt mechanische Kräfte auf die Ladungsträger aus. Diesen besonderen Zustand, in dem mechanische Kräfte auf Ladungsträger ausgeübt werden, bezeichnet man als elektrisches Feld, und dieses existiert immer dann, wenn zwischen beliebigen Raumpunkten elektrische Spannungen bestehen.

Ist der Stromkreis geschlossen, bewegen sich die Ladungsträger vom Minuspol der Batterie über die Leitungen, den Verbraucher (hier eine Lampe) und den Schalter wieder zurück in die Batterie. Dabei bewegen sich die Ladungsträger selbst nur relativ langsam (ca. nur rund 0,735 mm/s) während sich der Bewegungsimpuls mit annähernd Lichtgeschwindigkeit bewegt (wird ein Ladungsträger am Anfang einer Leitung eingebracht, erscheint am anderen Ende ein anderer Ladungsträger).

In **Metallen** kommt der Stromfluss dadurch zustande, dass im Atomverbund immer eine bestimmte Anzahl freier Elektronen, die sogenannten freien Leitungselektronen (Valenzelektronen) vorkommen. Die Gesamtheit dieser Leitungselektronen in einem Metall wird auch als Elektronengas bezeichnet – die Elektronen verhalten sich ähnlich wie Gasmoleküle - und führen ungeordnete Bewegungen aus, welche stark von der Temperatur des Metalls abhängen.

►

Gleich- und Wechselstrom

Im täglichen Leben haben wir mit vielerlei Arten von Strömen und Spannungen zu tun: Die Wechselspannung aus der Steckdose versorgt unsere Haushaltsgeräte und die Beleuchtung mit Strom, die Batterien die Fernbedienung für den Fernseher oder den MP3-Player mit Gleichstrom.

Wieso gibt es da Unterschiede?

Beginnen wir am Anfang:
Am Anfang war der Gleichstrom. Bereits im 19. Jahrhundert fand man heraus, dass zwei unterschiedliche Metalle in einer elektrisch leitenden Flüssigkeit eine Spannung an den beiden Metallen erzeugt. Diese Form der Strom-Erzeugung verwenden wir (in verbesserter Form) heute noch in den sog. Primärzellen (umgangssprachlich Batterien).

Auch Akkumulatoren speichern Strom durch elektrochemische Prozesse. Beim Aufladen verändern sich die im Akku befindlichen Materialien, und beim Entladen wird diese Veränderung wieder rückgängig gemacht. Damit können Akkus mehrere Male geladen und wieder entladen werden (bis zu 10.000 mal).
Sehr bald kam man aber darauf, dass sich Gleichstrom nur sehr schlecht über längere Entfernungen transportieren läßt. Die Verluste in einer Übertragungsleitung hängen vom Strom, der durchfließt und von seinem Widerstand (siehe später) ab. Werden sehr große Energiemengen übertragen, ist auch der Strom sehr hoch und die Leitungen müßten sehr dick sein, um die Verluste niedrig zu halten.

Die übertragene Leistung wird ausgedrückt als Strom mal Spannung. Was liegt also näher, als die Spannung zu erhöhen, damit der Strom - bei gleicher Leistung - klein bleibt.

Gleich- und Wechselstrom

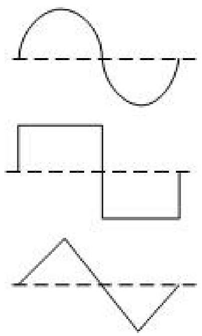
Dies ist aber bei Gleichstrom nicht so einfach. Deshalb werden seit der Mitte des 19. Jahrhunderts für die öffentliche Stromversorgung Wechselstromsysteme verwendet. Bei Wechselstrom kann die Umsetzung der Spannung nahezu verlustfrei durch Transformatoren (werden später erklärt) durchgeführt werden.



Auch heute verwenden wir Wechselstromsysteme für die Energie-Versorgung. Durch Hochspannungsleitungen (in denen einen hohe Spannung besteht, aber nur wenig Strom fließt) gelangt der Strom zum Umspannwerk, wird dort mittels Transformatoren auf eine niedrigere Spannung (die Mittelspannung) umgesetzt und kommt so zum "Trafo", der eine Ortschaft oder einen Ortsteil versorgt. Dort wird auf die übliche 230/400 Volt Spannung herabtransformiert und an die Verbraucher weiter geleitet.

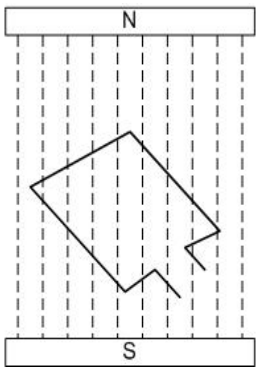
Die Details zum Wechselstrom werden in der folgenden Seite behandelt.

Der Wechselstrom ►



Unter Wechselstrom versteht man elektrischen Strom, der seine Richtung (Polung) in regelmäßiger Wiederholung ändert und bei dem sich positive und negative Augenblickswerte so ergänzen, dass der Strom im zeitlichen Mittel null ist.
Dabei fließt der Strom in unterschiedlichen Kurven. Im nebenstehenden Beispiel als sinus-, rechteck- und dreieck-förmiger Wechselstrom.
Obwohl auch die anderen Kurvenformen ihre Bedeutung in der Technik haben, ist der sinusförmige Wechselstrom die am häufigsten vorkommende Form.

Erzeugung:
Wechselstrom kann auf unterschiedlichste Arten erzeugt werden. Die wohl häufigste ist die Erzeugung in einem Generator (so auch in den Kraftwerken). Dabei nutzt man ein physikalisches Phänomen, bei dem durch die Bewegung eines Leiters in einem Magnetfeld Strom im Leiter entsteht (induziert wird).



Wird, wie in nebenstehendem Beispiel, die Leiterschleife gedreht, so schneidet sie die Feldlinien des Magnetfeldes. Dabei entsteht Strom in der Leiterschleife. Je mehr Feldlinien pro Zeiteinheit geschnitten werden, desto mehr Strom wird erzeugt. Deshalb wird der meiste Strom erzeugt, wenn die Schleife nahezu senkrecht steht und kein Strom, wenn die Schleife waagrecht steht.

Die Drehbewegung folgt dabei der mathematischen Sinus-Funktion, was den so erzeugten Strom seine Bezeichnung "sinusförmig" gegeben hat.

Der Wechselstrom

In der nebenstehenden Abbildung ist dieser Vorgang noch einmal dargestellt. Wir denken uns die Leiterschleife (hier in der Draufsicht, daher nur ein dicker Strich) in der waagrechten Position in der Drehbewegung. Hier schneidet sie nur sehr wenige Feldlinien des Magnetfelds. Je weiter sich die Schleife dreht, desto mehr Feldlinien werden geschnitten und desto mehr Strom wird erzeugt. Ist die Schleife senkrecht, werden die meisten Feldlinien geschnitten und es wird er größte Strom erzeugt. Im weiteren Verlauf sinkt der Strom wieder, bis er -wenn die Schleife wieder waagrecht steht - auf Null gesunken ist. Wir sind am Anfang, nur dass die Schleife jetzt ihr Richtung umgedreht hat und daher der jetzt erzeugte Strom in die andere Richtung fließt.

Nach einer vollen Umdrehung der Schleife (=360° Drehwinkel) beginnt der Vorgang von Neuem. Wir sprechen von einer vollen Umdrehung (=Periode).

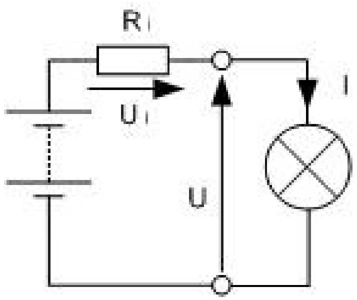
Kennwerte Gleich- und Wechselstrom ►

Gleichstrom
Da Gleichstrom sowohl in seiner Spannung als auch seiner Polarität konstant ist, gibt es beim Gleichstrom nur die Kennwerte:

- **Spannung** (= Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten) und
- **Strombelastbarkeit** (einer Spannungsquelle).
- **Kapazität** (= entnehmbare Strommenge)

Die **Spannung** gibt an, welche Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten besteht. Sie wird in Formeln als "U" bezeichnet und in Volt gemessen.

Die **Strombelastbarkeit** einer Spannungsquelle gibt an, wieviel Strom entnommen werden kann, bevor die Spannungsquelle beschädigt wird (bzw. eine Sicherheitseinrichtung = Sicherung abschaltet).



Manchmal ist auch der sog. **Innenwiderstand** (Ri) einer Spannungsquelle von Interesse. Bei Spannungsquellen ist dieser sehr niedrig, aber eben nicht Null. Diesen Innenwiderstand kann man sich in Serie zu einer idealen Spannungsquelle vorstellen.

Entnimmt man jetzt Strom (I), fällt ein Teil der Spannung (lt. dem Ohmschen Gesetz - siehe dort) an diesem Innenwiderstand (Ui) ab und steht nicht an den Anschlüssen zur Verfügung. Weiters sorgen diese "Verluste" dazu, dass sich die Spannungsquelle erwärmt (Spannung x Strom = Leistung = Wärme).

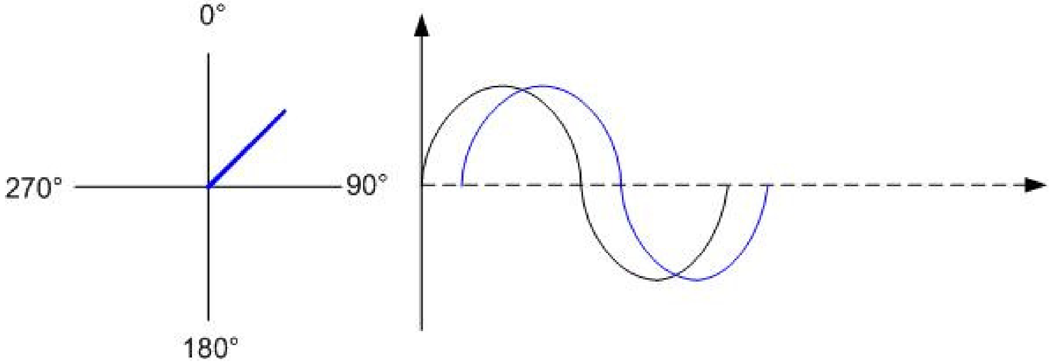
Wechselstrom

Wie wir im vorigen Kapitel gesehen haben, ändert der Wechselstrom periodisch seine Richtung. Deshalb gibt es beim Wechselstrom mehrere Werte, die uns - zusätzlich zur **Spannung** und einer ev. **Strombelastbarkeit**, wie beim Gleichstrom - interessieren:

- Die **Frequenz** (= Anzahl der vollen Perioden, die der Wechselstrom pro Sekunde vollzieht. Formelzeichen: f, Einheit: Hertz)
- Die **Kurvenform** (Sinus, Rechteck, Dreieck, usw. siehe voriges Kapitel)
- Die **Phasenlage** (in Grad von 0° bis 360°)

Zur Phasenlage noch ein paar Worte:

Unter der Phasenlage eines Signales versteht man den zeitlichen Versatz eines Signales zu einem anderen oder zu einem definierten Zeitpunkt. Ausgedrückt wird dies entweder durch Grad (°), wobei eine volle Phase 360° entspricht, oder durch Radians (rad) wobei eine volle Phase des Signals 2*¶ (Pi = 3,141...) entspricht.



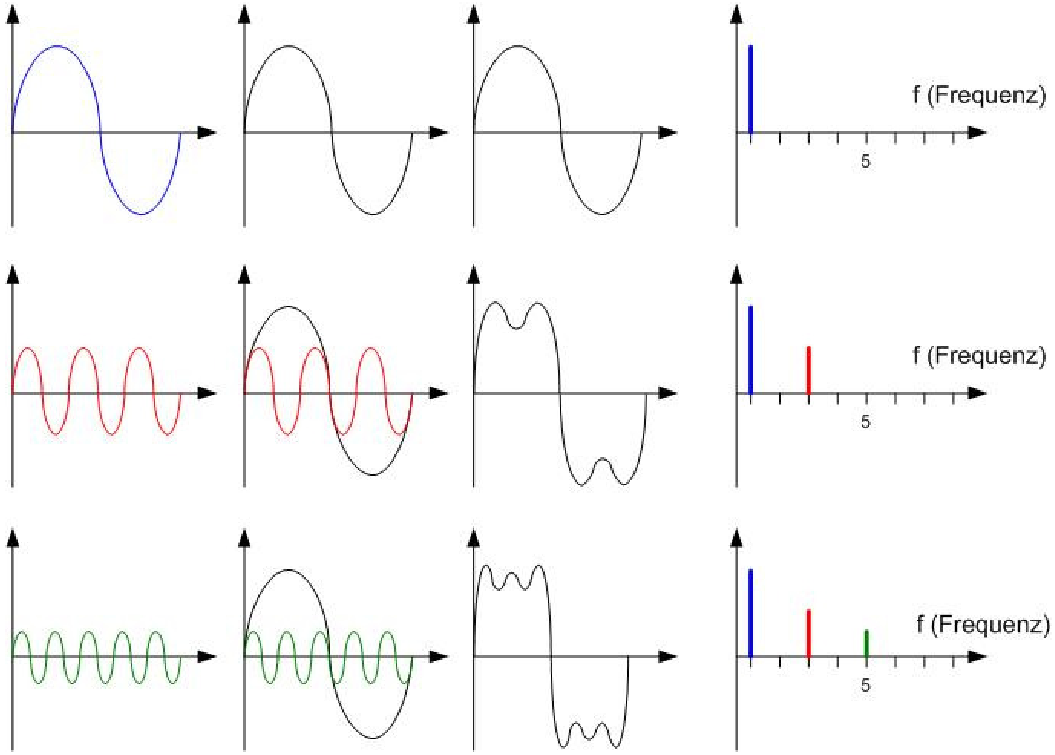
So eilt z.B.: der Strom, der in einem Kondensator fließt, der Spannung um 90° vor.

Zur Darstellung der Phasenlage bzw. Phasendifferenz benutzt man ein sog. Phasendiagramm (links in der Abbildung oben). Darin gibt die Länge der Pfeils die Amplitude und die Richtung die Phasenlage an. Manchmal werden dazu auch nur Punkte verwendet; dann gibt die Entfernung des Punktes vom Ursprung des Diagramms die Amplitude des Signals an. Im obigen Bild wird ein Signal (blau) dargestellt, dass eine Phasenlage gegenüber einem zweiten Signal (schwarz) von 45° hat.

Anwendung: Auch die Phasenlage eines Signals kann zur Informationsübermittlung benutzt werden. Dabei entspricht die Phasenlage 1 (z.B.: 45°) der Information A, die Phasenlage 2 (z.B.: 135°) der Information B, 225° der Information C, usw.

Oberwellen

Oder wie wird ein Rechtecksignal zum Rechteck?
Jean Baptiste Joseph Fourier erkannte im 19. Jahrhundert, dass man ein Signal einer beliebigen Kurvenform durch mehrere sinusförmige Signale zusammensetzen kann.
So setzt sich ein Rechteck-Signal aus der Grundfrequenz und den ungeradzahligen Vielfachen (sog. Oberwellen der Grundfrequenz) zusammen:

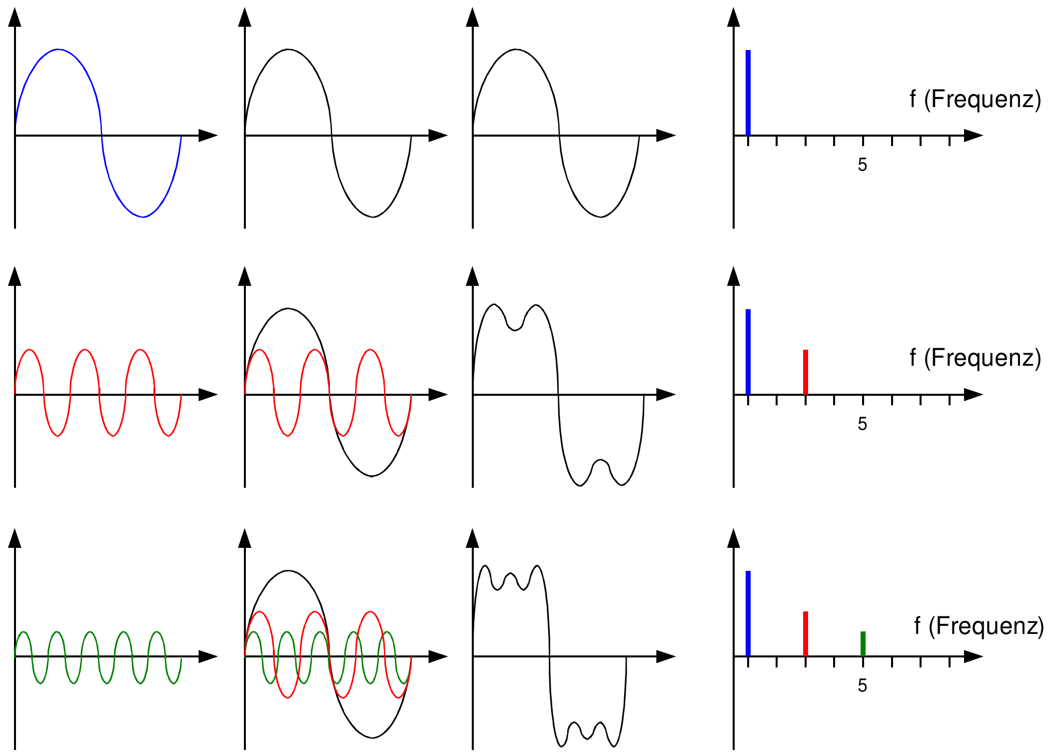


In der nebenstehenden Darstellung wird die Zusammensetzung eines Rechtecksignals aus den dazu nötigen Sinus-Signalen dargestellt.
In der ersten Spalte wird das jeweils hinzuzufügende Signal gezeigt, in der zweiten Spalte beide Signale und in der dritten Spalte die sich aus der Addition der Signale ergebenden Summe.

In der vierten Spalte wird das sog. Frequenz-Diagramm gezeigt. Hierbei wird auf der horizontalen Achse nicht die Zeit, sondern die Frequenz aufgetragen, vertikal wird die Amplitude des Signals dargestellt.

Oberwellen

In der ersten Zeile wird das Grundsignal (die Grundfrequenz) dargestellt. Die Frequenz des Sinus-Signals ist gleich der Frequenz des Rechtecks.
In der zweiten Zeile wird die dreifache Frequenz (die dritte Oberwelle) der Grundfrequenz dazuaddiert. Dementsprechend ist auch beim Frequenzdiagramm bei "3" ein Balken zu sehen.
In der dritten Zeile wird auch noch die 5-fache Frequenz (die fünfte Oberwelle) dazu addiert.



Man sieht, dass mit jeder ungeradzahligen Oberwelle das Summensignal dem Rechteck-Signal immer ähnlicher wird. Gleichzeitig erkennt man, dass man für ein "schönes" Rechtecksignal eine sehr hohe Anzahl an Oberwellen (und damit eine sehr hohe Bandbreite) benötigt. Beim Amateurfunk streben wir hingegen eine möglichst geringe Bandbreite an. Deshalb bemühen wir uns, dass unser Sender ein ideales sinusförmiges Signal aussendet. Jede Abweichung vom idealen Sinus hat (siehe oben) eine mehr oder weniger hohe Zahl an Oberwellen zur Folge, mit denen wir andere Funkamateure stören.

Grundlagen der Elektronik:

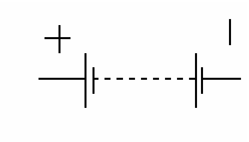
Stromquellen, Gleich- und Wechselstrom, passive Bauelemente

T6. Stromquellen (Kenngrößen).

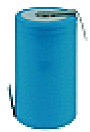
Primärbatterien – Durch einen chem. Prozess wird eine Spannung erzeugt (nicht reversibel).
Sekundärbatterien – Durch eine vorhergehende Aufladung kann daraus Strom entnommen werden.
Durch den chem. Prozess wird Strom erzeugt, was beim Laden umgekehrt wird.
(Akkumulator)

Kenngrößen sind

- Spannung,
- Strombelastbarkeit, sowie die
- Kapazität in Ah.



Schaltsymbol für Primär- und Sekundärbatterien.
Die punktierte Linie deutet die Serienschaltung von mehreren Elementen an.

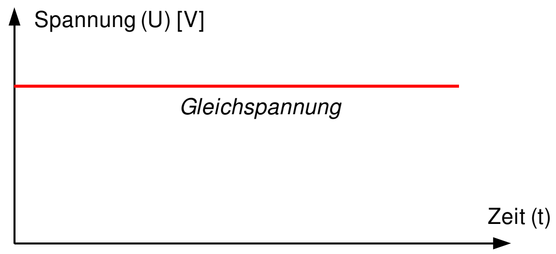
   

Beispiele: Bleiakku, Nickel-Cadmium -, Nickel-Metallhydrid -, Lithium-Ionen Akku
Solarzellen, Piezo-Elemente (Druck), Peltier-Element (Wärme),…

230V Steckdose – liefert im Gegensatz zu den Batterien nicht Gleichstrom,
sondern 50 Hz Wechselstrom.

T9. Gleich- und Wechselspannung - Kenngrößen.

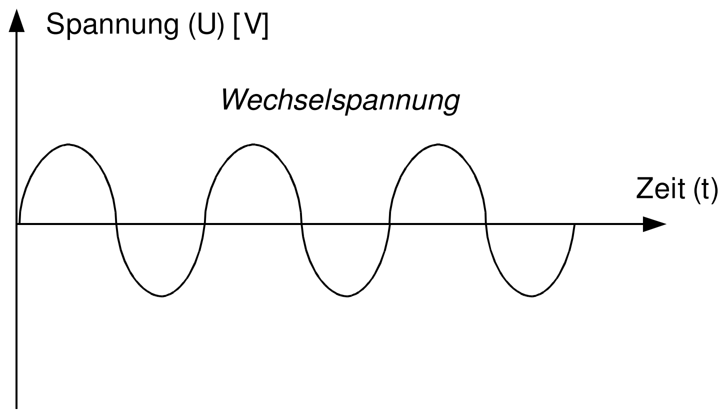
Gleichspannung:
Die Spannung ist konstant, die Polarität verändert sich nicht.



Kenngrößen sind
- Spannung,
- Strombelastbarkeit der Quelle ,
- Kapazität in Ah (bei Primär- oder Sekundärbatterien).

Wechselspannung:
Die Spannung ändert sich permanent entsprechend der Kurvenform, die Polarität wechselt permanent

Kenngrößen:
- Spannung (Amplitude),
- Frequenz
- Kurvenform
- Strombelastbarkeit der Quelle



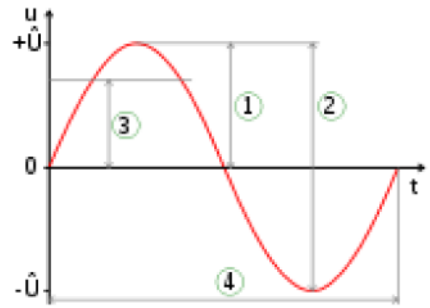
T9. Gleich- und Wechselspannung - Kenngrößen.

Effektivwert:

Unter dem **Effektivwert** (Abk: **RMS** englisch: root mean square) versteht man den quadratischen Mittelwert eines zeitlich veränderlichen Signals. Zu einer Wechselgröße (Wechselstrom, Wechselspannung) gibt der Effektivwert denjenigen Wert einer Gleichgröße an, die an einem ohmschen Verbraucher in einer vorgegebenen Zeit die selbe Leistung umsetzt. Der Effektivwert hängt sowohl vom Scheitelwert (Amplitude) als auch von der Kurvenform ab.

Spitzen- oder Scheitelwert:

Als **Scheitelwert** bezeichnet man den größten Betrag der Augenblickswerte eines Wechsel-Signals; Bei sinusförmigen Wechselsignalen wird der Scheitelwert als Amplitude bezeichnet.



1 = Spitzen-Wert, Amplitude,
2 = Spitze-Spitze-Wert,
3 = Effektivwert,
4 = Periodendauer

Spitze-Spitze-Wert:

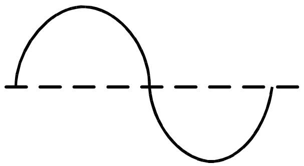
Der **Spitze-Spitze-Wert** gibt die Höhe der Auslenkung vom niedrigsten Wert bis zum höchsten Wert. Bei symmetrischen Wechselgrößen entspricht der Spitze-Spitze-Wert dem doppelten Maximalwert.
Die Spitze-Spitze-Spannung kann mit dem Oszilloskop gemessen werden.
Der Spitze-Spitze-Wert einer Wechselspannung ist die Summe der maximalen Spannung der positiven Halbschwingung und des Betrages der minimalen Spannung der negativen Halbschwingung.

T7. Sinus- und nicht sinusförmige Signale.

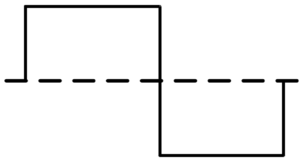
Sinusförmige Wechselspannungen haben einen Amplitudenverlauf, der exakt einer mathematischen Sinusfunktion entspricht.

Diese Form der Wechselspannung ist völlig frei von Oberwellen.

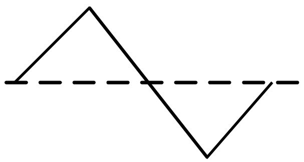
Nicht sinusförmige Wechselspannungen sind: Dreiecksignal, Rechtecksignal, Trapezsignal, Sägezahnsignal. Alle diese Signalformen setzen sich aus mehreren Sinus-Schwingungen zusammen und haben daher einen erheblichen Anteil an Oberwellen (alle Sinus-Schwingungen außer der Grundwelle).



Sinusspannung, häufigste Form (230V)



Rechteckspannung, zumeist in Digitaltechnik



Dreieckspannung, selten

Im Gegensatz zur **Gleichspannung**, die nur einen Parameter zu seiner Definition benötigt, nämlich die Spannung, besitzt eine **Wechselspannung** immer mindestens 3 Parameter:

- Die Scheitelspannung. Sie wird gemessen von der Nulllinie bis zum höchsten Punkt der Kurve.
- Die Kurvenform, z.B.: Sinus (Rechteck, Dreieck, Sägezahn entstehen durch zusätzliche Oberwellen).
- Die Frequenz. Damit bezeichnet man die Anzahl der Perioden in einer Sekunde. Maßeinheit ist das Hertz. 1 Hz = 1 Schwingung pro Sekunde

1 GHz = 1000 MHz = 1 000 000 kHz = 1 000 000 000 Hz

T2. Begriffe, Leiter, Halbleiter, Nichtleiter.

Leiter sind Materialien, die den elektrischen Strom sehr gut leiten.
Beispiele: Alle Metalle, Kohle, Säuren...

Sehr gute Leiter sind (In der Reihenfolge abnehmender Leitfähigkeit):
Silber, Kupfer, Aluminium, Gold, Messing

Halbleiter sind Materialien, die ihre Leitfähigkeit aufgrund physikalischer oder elektrischer Einflüsse verändern können, wie Silizium, Germanium...

Nichtleiter sind Materialien, die den elektrischen Strom sehr schlecht leiten (Isolatoren).
Beispiele: Keramik, Kunststoff, trockenes Holz...

Gute Isolatoren sind:
Glas, Keramik, Kunststoff, Pertinax, Glasfaser-Harz, Teflon, Gummi usw.

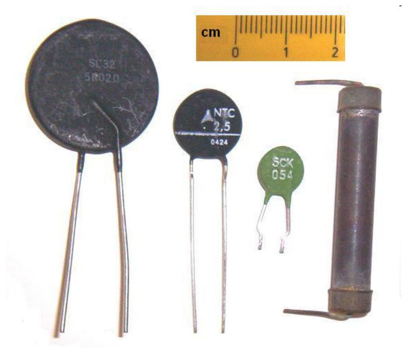
T5. Wärmeverhalten von elektrischen Bauelementen.

Alle Metalle und die meisten guten Leiter **erhöhen** mit steigender Temperatur ihren Widerstand. (PTC)

Die meisten Halbleiter **verringern** mit steigender Temperatur ihren Widerstand. (NTC)



PTC



NTC

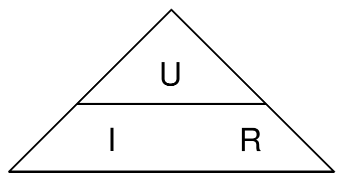
T1. Ohmsches und Kirchhoffsches Gesetz.

Das **Ohmsche Gesetz** lautet: U = I * R (bzw. I = U/R, R = U/I)

Spannung = **Strom** mal **Widerstand**

Das Ohmsche Gesetz gibt den Zusammenhang zwischen einem Widerstand, der anliegenden Spannung und dem durch den Widerstand fließenden Strom wieder.

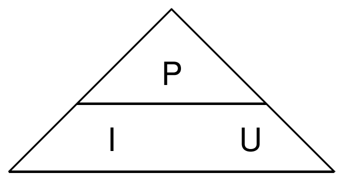
Merkdreieck Ohmsches Gesetz URI =



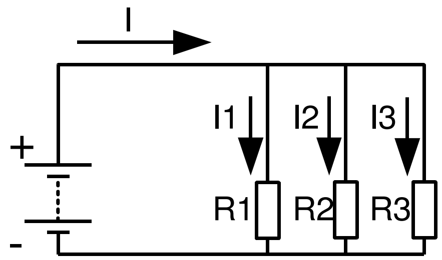
Leistungsrechnung:

Leistung P = U * I (bzw. I = P/U, U = P/I)

Merkdreieck Leistungsberechnung PUI =



T1. Ohmsches und Kirchhoffsches Gesetz.



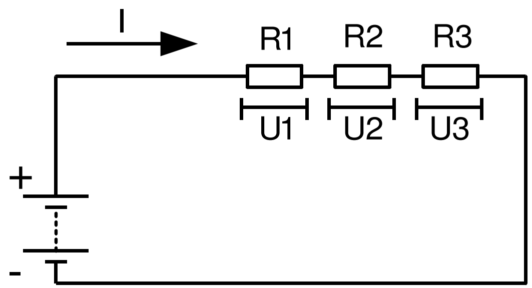
Das 1. Kirchhoffsche Gesetz lautet:
„Die Summe aller Ströme in einem Knoten ist Null", oder:
Bei der Parallelschaltung ist der Gesamtstrom gleich der Summe der Teilströme.

$$1 / R = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3$$

Oder: $G = G_1 + G_2 + G_3$

bei $G = 1/R$

Das 2. Kirchhoffsche Gesetz lautet:
„Die Summe aller Spannungen in einem Umlauf(Masche) ist Null", oder:
Bei der Reihenschaltung ist die Gesamtspannung gleich der Summe der Teilspannungen.



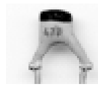
$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

T3. Kondensator, Begriff Kapazität, Einheiten – Verhalten bei Gleich- und Wechselspannung.

Ein Kondensator ist ein Ladungsspeicher und besteht aus zwei elektrisch leitenden Materialien, die voneinander durch einen Isolator getrennt sind.

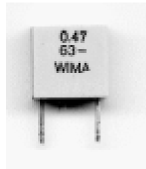
Bei Gleichspannung verhält sich ein Kondensator wie ein Speicher, das heißt, er lädt sich auf und kann später die Ladung wieder an einen Verbraucher abgeben.

An Wechselspannung kommt es durch die dauernde Umladung, bedingt durch die Polaritätswechsel zu einem Stromfluss durch den Kondensator, der mit steigender Frequenz zunimmt.

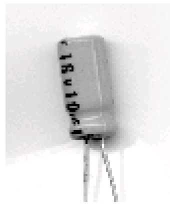


Das bedeutet, dass sein Blindwiderstand Xc mit steigender Frequenz abnimmt.

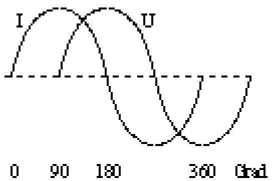
$$Xc = \frac{1}{2 * \P * f * C}$$ f in Hz, C in F



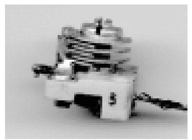
Einheit: **Farad (F)**. Kleinere Einheiten: Mikrofarad, Nanofarad, Picofarad.
0,000001 F = 1 µF = 1000 nF = 1 000 000 pF 1nF = 1000 pF



Formelzeichen: **C**



Bei Wechselspannung fließt zuerst ein Strom, der den Kondensator auflädt. Dadurch entsteht eine 90° Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung (Strom vor Spannung).

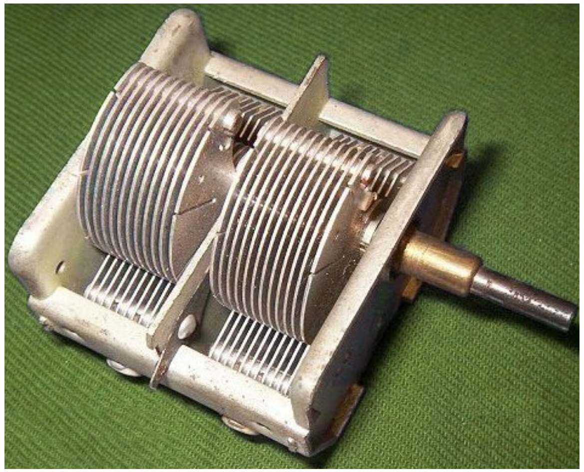


T12. Was verstehen Sie unter dem Begriff Dielektrikum?. ►

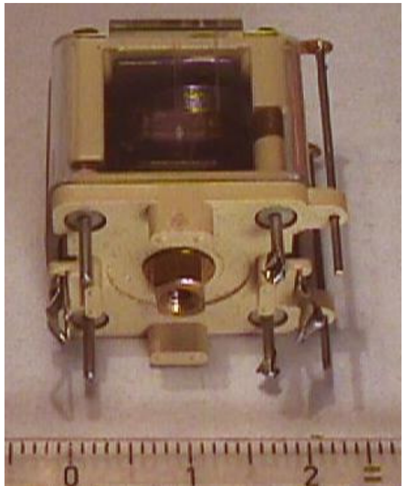
Das Dielektrikum ist die isolierende Schicht zwischen den beiden Platten eines Kondensators. Z.B. Keramik, Kunststoff, Teflon, Aluminiumoxyd etc.

Dielektrizitätskonstanten:
Materialkonstante, die angibt, um wie viel höher die Kapazität gegenüber Luft ist, wenn dieses Material zwischen den Kondensatorplatten angeordnet wird.
Luft: 1, Aluminiumoxid: 7, Papier: 1-4, Teflon: 2, Tantalpentoxid: 27 (!), Wasser: 80
(! aber nur reines Wasser ist Isolator !)

Dielektrikum Luft:



Folie:



T12. Was verstehen Sie unter dem Begriff Dielektrikum?.

Die wichtigsten Eigenschaften des Dielektrikum :

- Hohe Dielektrizitätskonstante
- Hohe Spannungsfestigkeit
- Geringe Dicke

T16. Berechnen Sie den kapazitiven Blindwiderstand eines Kondensators von 500 pF bei 10 MHz.

Formel: $Xc = \frac{1}{2 * ¶ * f * C}$ wobei f in Hz, C in F

Berechnung:

$X_C = 1 / (2 * 3,14 * f * C)$

$= 1 / (6.28 * 10.000.000 * 500 / 1.000.000.000.000)$ = 31,84 Ohm

Anmerkung:

1 pF (pikoFarad) = 10^{-12} F = 0,000.000.000.001 F

10 MHz (MegaHertz) = 10^{6} Hz = 10.000.000 Hz

T4. Spule, Begriff Induktivität, Einheiten – Verhalten bei Gleich- und Wechselspannung.

Eine Spule besteht aus einer oder mehreren Windungen eines Leiters, die ggf. auf einem magnetisch leitenden Kern aufgebracht werden. Sie wird auch als Induktivität bezeichnet.

Bei Gleichspannung baut eine Spule ein Magnetfeld auf.

An Wechselspannung kommt es durch die dauernde Ummagnetisierung (bedingt durch die Polaritätswechsel) zu einem Stromfluss durch die Spule, der mit steigender Frequenz abnimmt. Das bedeutet, dass der Blindwiderstand X_L mit steigender Frequenz zunimmt.

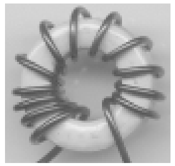
X_L = 2 * ¶ * f * L   f in Hz, L in Henry



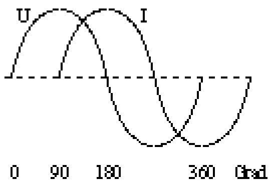


Einheit **Henry (H)**. Kleinere Einheiten: Millihenry, Mikrohenry, Nanohenry

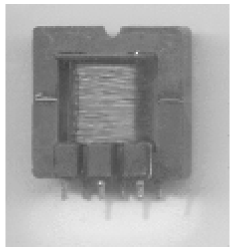
1 H = 1000 mH = 1 000 000 µH



Formelzeichen : **L**



Bei Wechselspannung wird durch die Ummagnetisierung ein Strom erzeugt, der dem äußeren Strom entgegenwirkt. Dadurch entsteht eine 90° Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung (Spannung vor Strom).



T10. Was verstehen Sie unter dem Begriff Permeabilität?

**Ist ein Eisenkern in eine Spule eingebracht, erhöht dies die Induktivität der Spule.
Die Permeabilität gibt ein Maß für die Erhöhung der Induktivität und ist materialabhängig.
Man bezeichnet diese Eigenschaft des Materials auch als „ferro-magnetisch“.**

Formelzeichen: µ (mü)

Einheit: als Verhältnis ist die Permeabilität dimensionslos.

Permeabilität Luft: 1, Al: 250, Ni: 600, Fe: 5000, Mu Metall: 100.000

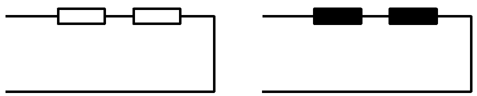
T15. Berechnen Sie den induktiven Blindwiderstand einer Spule mit 30 µH bei 7 MHz.

Formel: $X_L = 2 * \pi * f * L$, wobei f in Hz, L in Henry

Berechnung:

$X_L = 6{,}28 * f * L$
$= 6.28 * 7\,000\,000 * 30 / 1\,000\,000 =$ 1318,8 Ohm

T11. Serien- und Parallelschaltung von R, L, C.



Bei Serienschaltung von Widerständen oder Induktivitäten ist die Gesamt-Widerstand (-Induktivität) größer als die größte Einzel-Widerstand (-Induktivität).

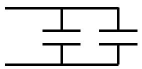
$L_{ges} = L_1 + L_2 + L_3$ $R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3$



Bei parallel geschalteten Widerständen oder Induktivitäten ist die Gesamt-Widerstand (-Induktivität) kleiner als die kleinste Einzel-Widerstand (-Induktivität).

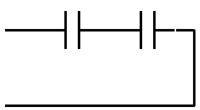
$1 / L_{ges} = 1 / L_1 + 1 / L_2 + 1 / L_3$ $1 / R_{ges} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3$

Umgekehrt ist es bei:



Bei parallel geschalteten Kondensatoren ist die Gesamtkapazität größer, als der größte Einzelkondensator.

$$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3$$



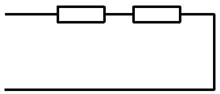
Bei Serienschaltung von Kondensatoren ist die Gesamtkapazität kleiner, als der kleinste Einzelkondensator.

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

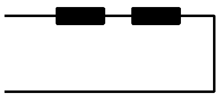
T11. Serien- und Parallelschaltung von R, L, C.

GesamtWERT höher:

R in Serie,

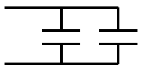


L in Serie



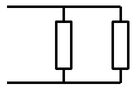
Umgekehrt ist es bei:

C parallel

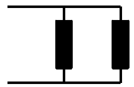


GesamtWERT niederer:

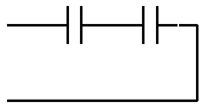
R parallel



L parallel



C in Serie



T14. Begriff elektrischer Widerstand (Schein- Wirk- und Blindwiderstand), Leitwert.

Ohmsche Widerstände bewirken keine Phasenverschiebung (**Wirk-Widerstand**).

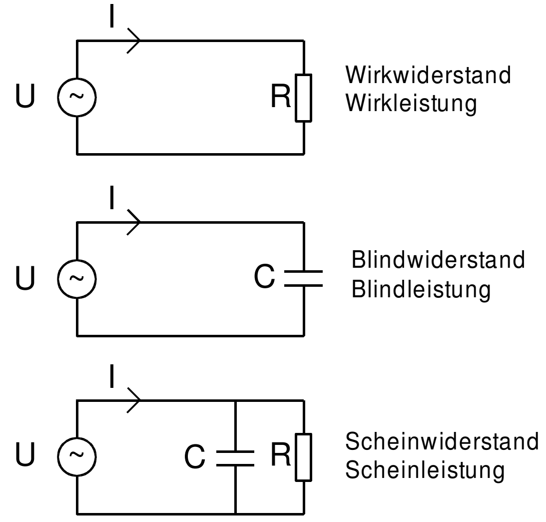
Kondensatoren und Induktiväten bewirken eine Phasenverschiebung zwischen Strom- und Spannungs-Verlauf um 90 Grad (**Blind-Widerstand**).

Schaltungen mit RC- oder RL-Kombinationen ergeben eine Phasenverschiebung im Bereich von 0 bis 90 Grad.

Der resultierende Gesamtwiderstand bei RC- oder RL-Kombinationen wird als **Scheinwiderstand** oder Impedanz (Einheit: Ohm) bezeichnet.

Der **Leitwert** (Formelzeichen: G, Einheit: (S)iemens) ist der Kehrwert des Ohmschen Widerstandes.

$$G = 1 / R$$



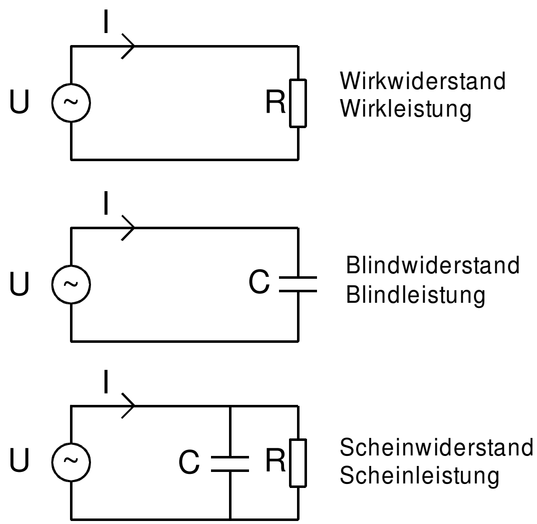
T13. Wirk- Blind- und Scheinleistung bei Wechselstrom.

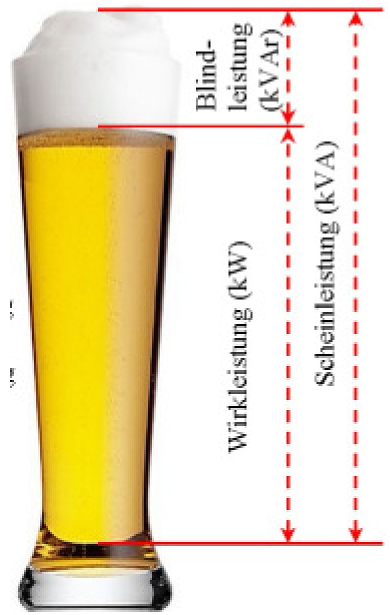
Wirkleistung ergibt sich, wenn im Stromkreis nur rein ohmsche Verbraucher vorhanden sind. **Blindleistung** ergibt sich, wenn nur rein kapazitive oder induktive Blindwiderstände im Stromkreis vorhanden sind. **Scheinleistung** tritt auf, wenn im Stromkreis sowohl ohmsche als auch kapazitive oder induktive Widerstände vorkommen.

Wirkleistung nur an Ohmschen Widerstand (P = U*I).

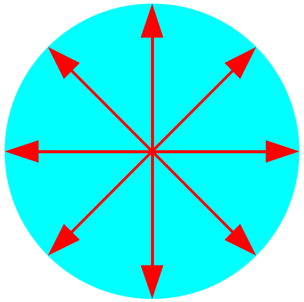
Blindleistung nur an Kapazitiven od. induktiven Blindwiderstand.

Scheinleistung nur bei Parallel- oder Serienschaltung von Wirk- und Blindwiderständen (Impedanz).





T8. Was verstehen Sie unter dem Begriff Skin-Effekt?

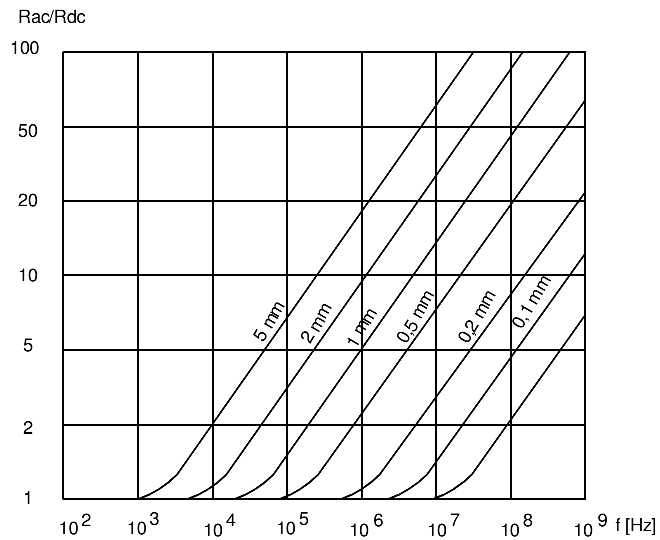


Jeder Leiter stellt eine Induktivität dar. Durch die Gegeninduktion bei höheren Frequenzen wird der Stromfluss immer mehr aus der Mitte des Leiters zum Rand hin abgedrängt.

Strom fließt praktisch nur mehr auf der Außenhaut des Leiters (Skin).

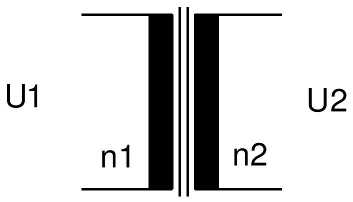
Abhilfe:
- Verwendung HF-Litze,
- dickere Drähte,
- Rohre,
- versilbern des Cu-Drahtes.

Skin: 9,38 mm bei 50Hz,
70 µm bei 1 MHz, also 2x der
Cu Beschichtung auf Leiterplatten,
7 µm bei 100 MHz, also ein Zehntel davon!



T17. Der Transformator – Prinzip und Anwendung

Auf einem gemeinsamen Eisenkern befinden sich zwei Wicklungen. Die Wechselspannungen an den Wicklungen verhalten sich proportional zum Windungsverhältnis. Anwendung zur Auf- oder Abwärtstransformation in der **Stromversorgungs-, NF- und -HF-Technik**



$$\frac{U1}{U2} = \frac{n1}{n2}$$

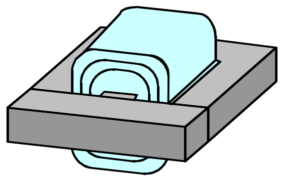
Eingangs- und Ausgangsspannung des Transformators verhalten sich proportional zu den Windungsverhältnissen

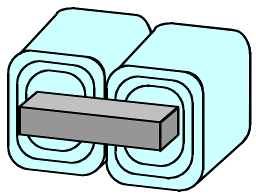
Eingangs- und Ausgangsstrom verhalten sich umgekehrt proportional zu den Windungsverhältnissen

Eingangs- und Ausgangsimpedanz werden im Quadrat des Windungsverhältnisses transformiert.

Transformatoren werden auch als **Übertrager** bezeichnet, wenn damit Signale übertragen werden.

Kenndaten von Transformatoren:
- Primär- und Sekundärspannung,
- Windungszahlen,
- max. übertragbare Leistung,
- Übersetzungsverhältnis,
- Impedanz





Eisenkerne werden zumeist aus einzelnen, von einander isolierten, Blechen und mit einem Luftspalt gefertigt, um Wirbelstromverluste zu minimieren.

▶

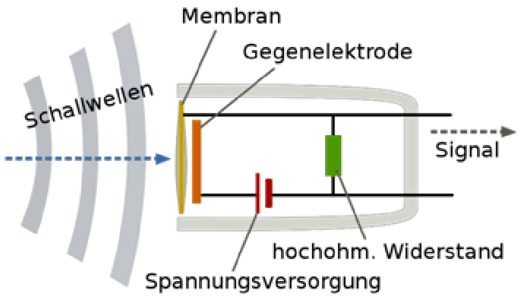
T44. Mikrofonarten – Wirkungsweise.

Jedes Mikrofon dient der Umwandlung von Schallwellen in elektrische Wellen (Wechsel-Strom oder –Spannung).



Das Kohlemikrofon:
Hier presst eine Membran eine Schicht aus Kohlekörnchen zusammen. Beim Besprechen ändert sich dieser Druck und der elektrische **Widerstand** der Kohleschicht ändert sich im Rhythmus mit der Sprache. Veraltet, war früher im Telefonhörer eingebaut.

Beim Kondensatormikrofon:
ist eine wenige tausendstel Millimeter dicke, elektrisch leitfähige Membran dicht vor einer Metallplatte elektrisch isoliert angebracht. Technisch betrachtet entspricht diese Anordnung einem Plattenkondensator, der eine elektrische Kapazität besitzt. Eintreffender Schall bringt die Membran zum Schwingen, wodurch sich der Abstand der beiden Kondensatorfolien und damit die Kapazität des Kondensators verändert. Diese Kapazitäts-schwankungen führen zu Spannungsschwankungen – einem elektrischen Signal. Um das Potentialgefälle zwischen den Kondensatorplatten zu erreichen sowie zur Versorgung des Mikrofonverstärkers Impedanzwandler) ist eine Spannungsquelle notwendig.



▶

T44. Mikrofonarten – Wirkungsweise.



Das Elektret-Mikrofon:
ähnlich dem Kondensatormikrofon, nur ist hier die Polarisationsspannung in einer Kunststofffolie („Elektret“) „eingefroren“. Um Störungen auf der Mikrofonleitung zu minimieren, muss direkt an der Kapsel ein „Impedanzwandler“ (Stromverstärker mit FET) angeordnet sein. Wenn dieser Verstärker nicht ferngespeist wird, befindet sich meist eine 1,5-Zelle im Mikrofongehäuse.

Das dynamische Mikrofon:
Eine Membran ist mit einer beweglichen Spule verbunden. Diese taucht in das Magnetfeld eines Dauermagneten ein. Wenn sich durch das Besprechen die Spule bewegt, wird darin eine **Wechselspannung** induziert, die der Sprache entspricht.



T44. Mikrofonarten – Wirkungsweise.



Das Kristallmikrofon:
Kristalle aus Turmalin und bestimmte Keramiken haben die Eigenschaft, bei mechanischer Belastung eine kleine elektrische Spannung abzugeben. (Piezo-Effekt) Eine Membran wird mit dem Kristall verbunden. Beim Besprechen gibt dieser eine **Spannung** ab.

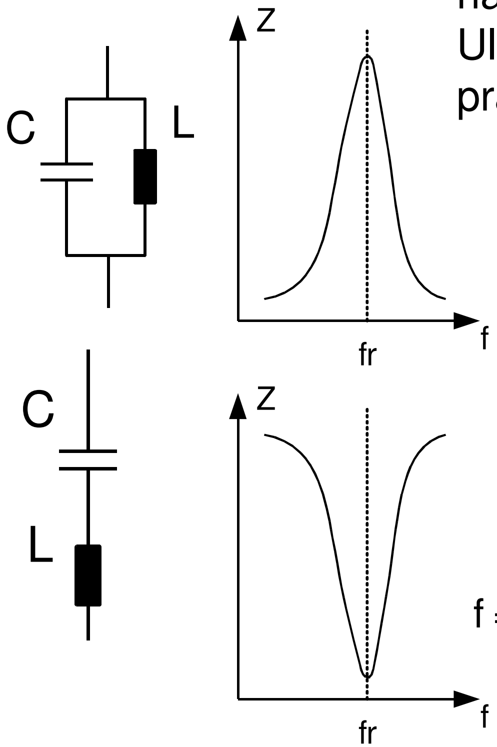
Kohlemikrofon, Kondensator- und Elektretmikrofon benötigen eine externe Stromversorgung,
dynamisches Mikrofon und Kristallmikrofon erzeugen das Mikrofonsignal ohne externe Stromversorgung.

Grundlagen der Elektronik:

Hochfrequenztechnik: Schwingkreise, Filter

T18. Der Resonanzschwingkreis – Kenngrößen

besteht aus Spule und Kondensator. Kenngrößen: **Resonanzfrequenz, Güte, Bandbreite**



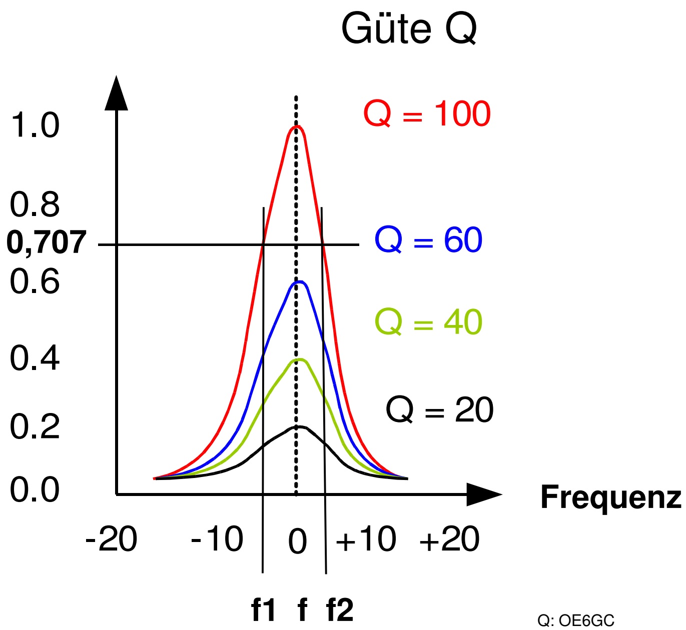
Die Resonanzfrequenz kann nach der Schwingungsformel nach Thomson errechnet werden, für Kurzwelle und Ultrakurzwelle ist die folgende Technikerformel viel praktischer:

$$f = \frac{159}{\sqrt{L*C}}$$

(f in MHz, C in pF, L in uH)

Welche Resonanzfrequenz hat ein Schwingkreis mit C = 100 pF, L = 21 uH?

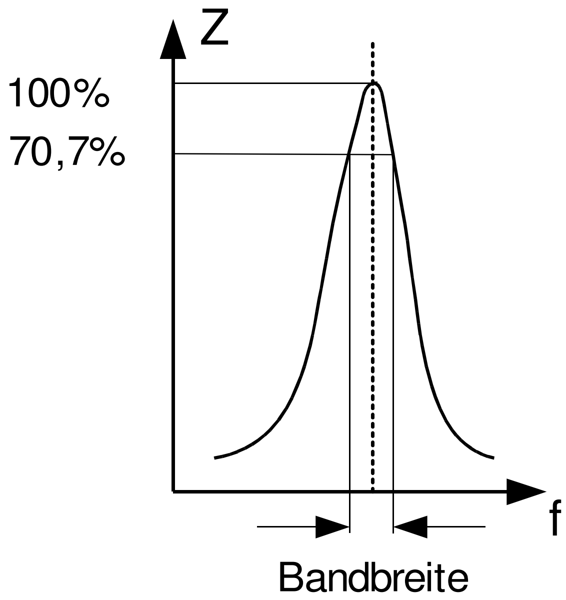
$$f = \frac{159}{\sqrt{21*100}} = \frac{159}{45{,}82} = 3{,}47 \text{ MHz}$$

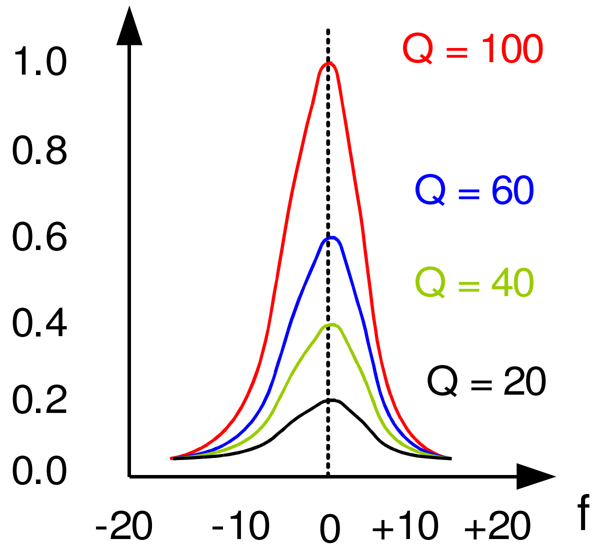


Q: OE6GC

Bandbreite B = f2-f1, Güte Q = f/B, Beispiel f = 10.000kHz, B = 100kHz, Q = 10000/100 = 100

T18. Der Resonanzschwingkreis – Kenngrößen





Bandbreite B = f_2-f_1, Güte Q = f / B,
Beispiel: f = 10.000kHz,
B = 100kHz,
Q = 10000/100 = 100

Die Güte Q ist ein Maß für die Verluste im Schwingkreis.

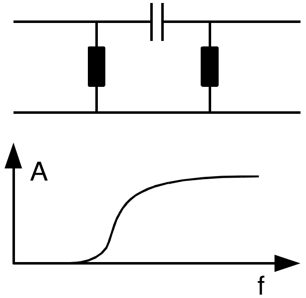
Hohe Güte (hohe Q-Werte): geringe Verluste!

Q: OE6GC

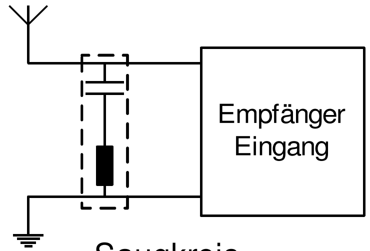
T19. Der Resonanzschwingkreis – Anwendungen in der Funktechnik

Selektionsmittel in Eingangsschaltungen, ZF Verstärkern, Bandfilter, Sperrkreis

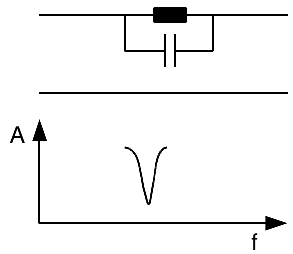
Der Hochpass läßt hohe Frequenzen passieren und sperrt bei tiefen Frequenzen



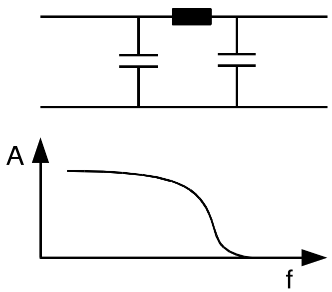
Die Bandsperre sperrt eine(n) Frequenz(bereich) und läßt andere Frequenzen passieren



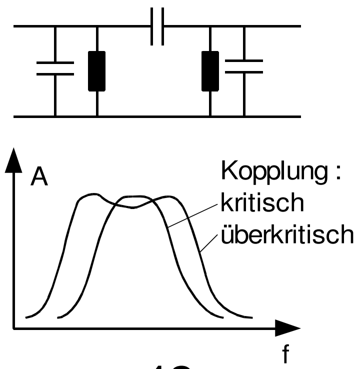
Saugkreis



Der Tiefpass läßt tiefe Frequenzen passieren und sperrt bei hohen Frequenzen



Der Bandpass als Filter großer Güte bei größerer Bandbreite als beim Einzelfilter



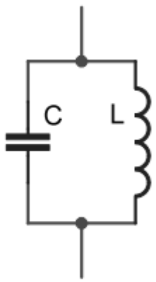
T20. Berechnen Sie die Resonanzfrequenz eines Schwingkreises (Resonanzkreises)

mit folgenden Werten: L = 15 µH, C = 30 pF (Werte sind variabel)

$f = 159 / \sqrt{L*C} = 159 / \sqrt{15*30} = 159 / 21{,}213 = 7{,}495$ MHz

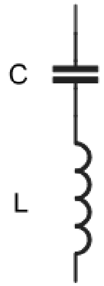
Achtung Werte: L in µH, C in pF f, in MHz!

Parallelresonanz:



Bei Resonanz hochohmig!

Serienresonanz:



Bei Resonanz niederohmig!

T21. Filter – Aufbau, Verwendung und Wirkungsweise

Filter können als **Hochpass-**, **Tiefpass-**, **Bandpass-**, oder **Bandsperr-**Filter aufgebaut werden. Alle Filter lassen sich aus R-C oder L-C Schaltungen realisieren.

Anwendung:

- Zum Filtern unerwünschter Frequenzen (Hochpass, Tiefpass, Bandpass)
- Zur Erhöhung der Selektivität (Bandpass am Eingang von Empfängern)
- Schwingkreis als frequenzbestimmendes Teil in Oszillatoren

Ein Quarz verhält sich wie ein Schwingkreis mit extrem hoher Güte. Dadurch lassen sich mit mehreren Quarzen Filter mit sehr guter Selektion und Flankensteilheit herstellen. (Quarzfilter).

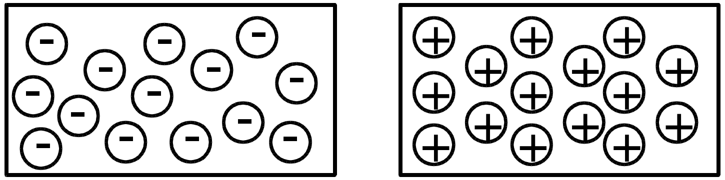
Filter können auch mit Operationsverstärkern aufgebaut werden, wobei man dann von „aktiven Filtern“ spricht.

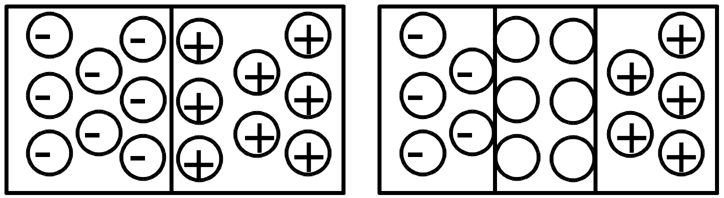
Siehe auch Folie T19

T22. Was sind Halbleiter?

Halbleiter sind Bauteile, deren Leitfähigkeit durch elektrische oder physikalische Einflüsse gesteuert werden kann. Das Ausgangsmaterial ist Silizium oder Germanium, das mit einer winzigen Verunreinigung versehen wird (Dotierung).

N-leitend P-leitend





P-N-Übergang

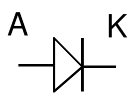
Sperrschicht durch Rekombination

Durch die Dotierung mit 3- oder 5-wertigen Stoffen entsteht ein Elektronen-Mangel oder –Überschuss im 4-wertigen Grundmaterial. Dies ergibt die „Halbleiter-Eigenschaften“. 3-wertige Dotierung ergibt p-Material, 5-wertige das n-Material.

Wird ein p- und ein n-dotiertes Material zusammengebracht, entsteht ein p-n-Übergang. An der Grenzschicht entsteht durch Rekombination eine Sperrschicht. Da sich die Ladungsträger „ausgleichen“, ist die Sperrschicht nicht leitend – Isolator.

T22. Was sind Halbleiter?

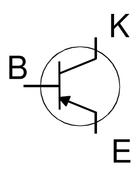
Halbleiter mit **einem** P-N Übergang sind Dioden.
Sie werden für Gleichrichterzwecke eingesetzt.



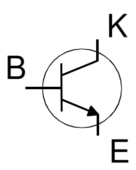


Schaltsymbol tatsächliches Aussehen (gekennzeichnet wird immer die Kathode)

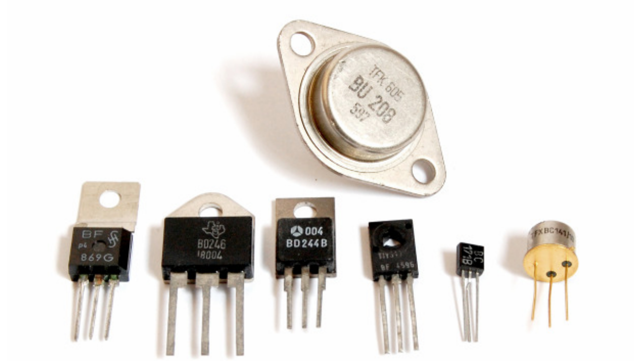
Halbleiter mit **zwei** P-N Übergängen sind Transistoren.
Sie werden für Verstärkerzwecke oder als Schalter eingesetzt.



PNP

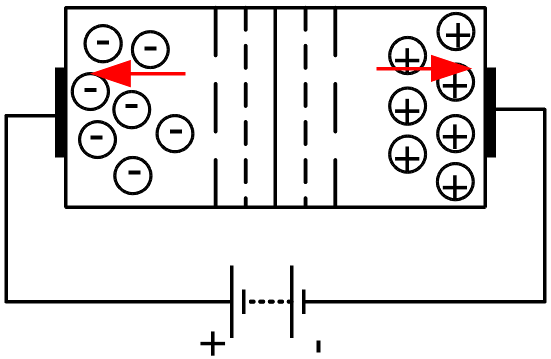


NPN

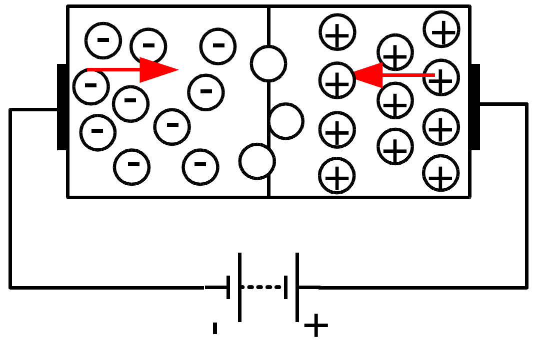


T23. Die Diode – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

Ein p-leitender und ein n-leitender Halbleiter werden miteinander verbunden. Dadurch entsteht an der Kontaktstelle eine Sperrschicht, da sich dort Elektronenmangel und –Überschuss ausgleichen (Rekombination).
Legt man jetzt eine Spannung an, wird diese Sperrschicht entweder vergrößert (Pluspol an n-Material) oder so verkleinert, dass sie verschwindet (Pluspol an p-Material) und dadurch ein Stromfluss durch die Diode erfolgen kann. Die Diode leitet den Strom daher nur in einer Richtung, man spricht vom "Gleichrichter-Effekt".
Verwendung: zur Gleichrichtung von Wechselspannungen.



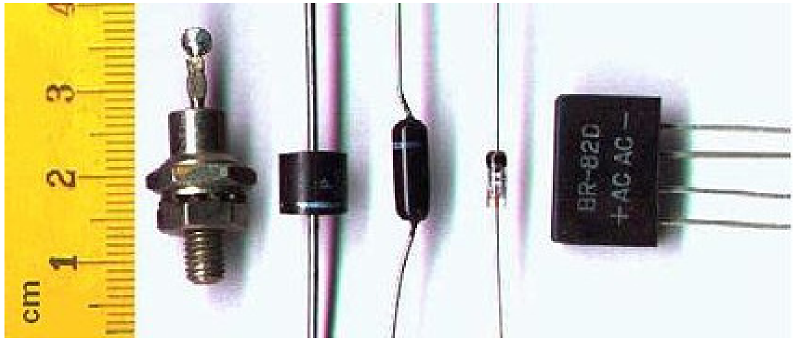
p-n-Übergang in Sperrichtung

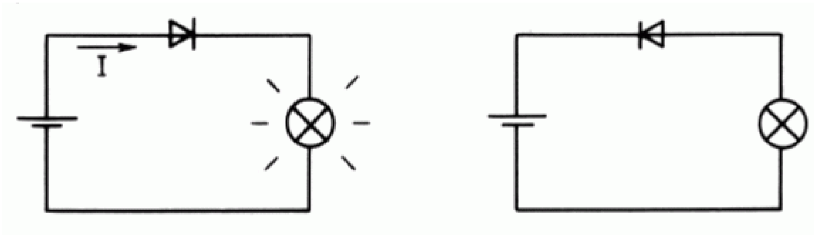


p-n-Übergang in Durchlassrichtung

T23. Die Diode – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

►





Demonstration von Durchlassrichtung und Sperrrichtung der Diode

Weitere Dioden:
Kapazitätsdioden, Zener-Dioden, PIN-Dioden, ….

T23. Die Diode – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

Besondere Dioden-Formen:

Zener-Diode:

Normalerweise werden Dioden, bei denen die maximale Sperrspannung überschritten wird, durch einen sog. Durchbruch (dabei erfolgt ein Spannungs-Überschlag an der Sperrschicht) zerstört. Zener-Dioden sind so gebaut, dass sie diesen Durchbruch aushalten. Dabei ist jedoch der beim Durchbruch entstehende Strom durch einen Vorwiderstand zu begrenzen. Der Vorteil ist, dass diese "Durchbruchspannung" vom fließenden Strom nahezu unabhängig, d.h. sehr konstant ist. Zenerdioden werden daher für eine bestimmte Durchbruchspannung gebaut und zur Stabilisierung von Gleichspannungen verwendet.

Kapaziäts-Diode:

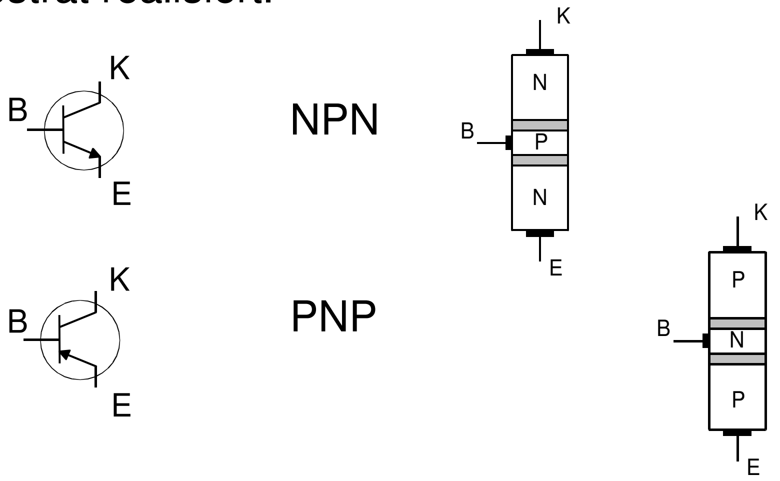
Der Aufbau einer Diode entspricht auch der Definition eines Kondensators: zwei leitende Materialien (n- bzw. p-Schicht), die durch eine isolierende Schicht (Sperrschicht) voneinander getrennt sind. Daher hat jede Diode auch eine Kapazität. Normalerweise ist diese störend und bei der Entwicklung von Dioden wird versucht, diese Kapazität so gering als möglich zu halten. Kapazitäts-Dioden werden jedoch so gebaut, dass diese Kapazität (vergleichsweise) hoch ist. Betreibt man eine solche jetzt mit einer Gleichspannung in Sperrichtung, vergrößert sich die Sperrschicht und damit sinkt auch die Kapazität. Dies kann man zur Steuerung von Oszillatoren (Schwingungserzeugern) durch Gleichspannung (VCO = voltage controlled oscillator) verwenden.

T24, Der Transistor – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

Zwei n-leitende Halbleiter werden mit einem p-leitenden Halbleiter verbunden, damit entsteht ein Bauteil mit 3 Anschlüssen. Genau so gut kann der Aufbau auch p-n-p lauten. Der mittlere Anschluss ist die **Basis**. Die äußeren Anschlüsse heißen **Kollektor** und **Emitter**.

Wird ein sehr geringer Strom in die Basis eingespeist, ruft dieser im Kollektorkreis einen wesentlich größeren Strom hervor. Diese Verstärkung wird genutzt für NF und HF Verstärker, Oszillatoren, Gleichspannungsanwendungen.

In digitalen Schaltkreisen werden eine Vielzahl von Transistoren auf einem gemeinsamen Substrat realisiert.

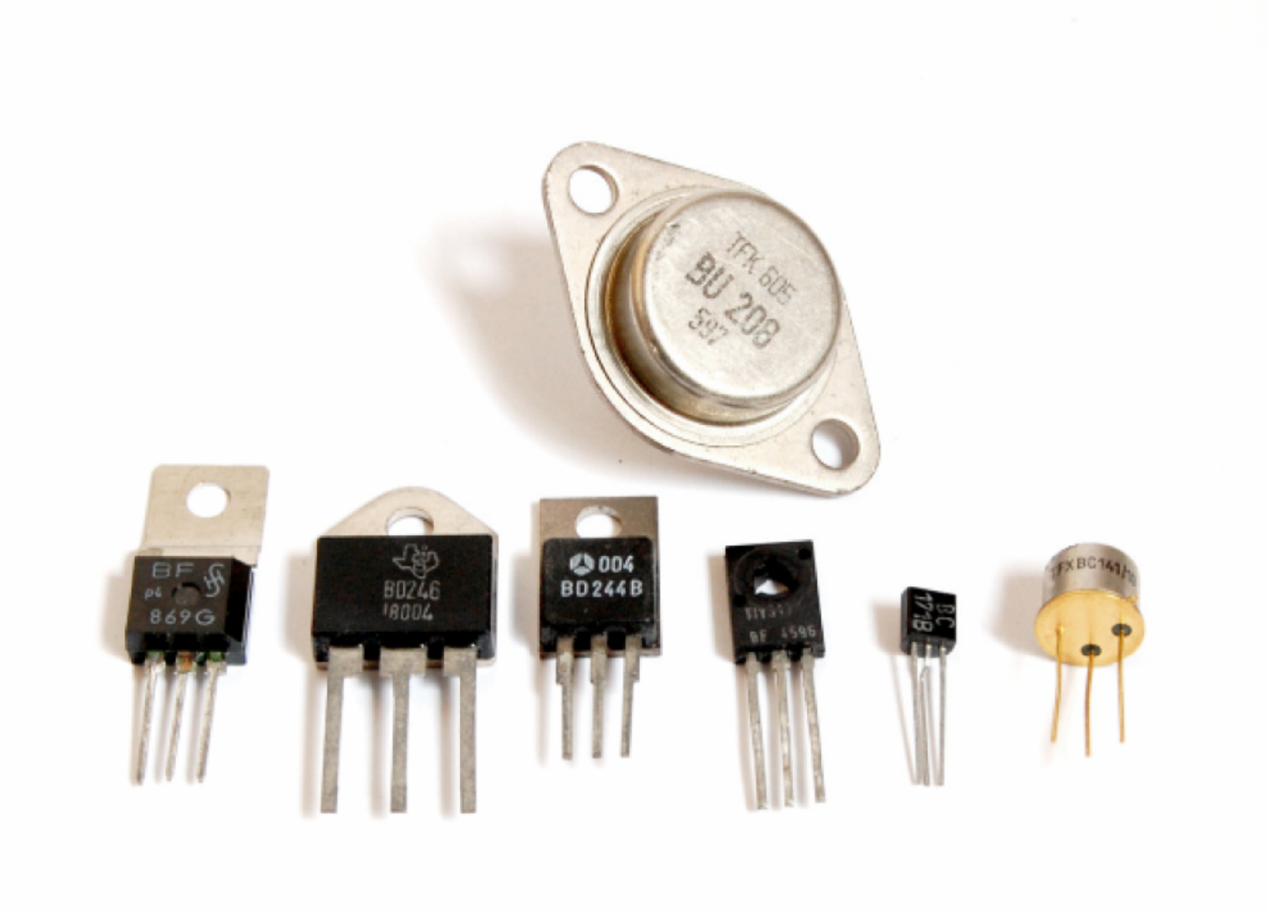


Kenndaten von Transistoren:

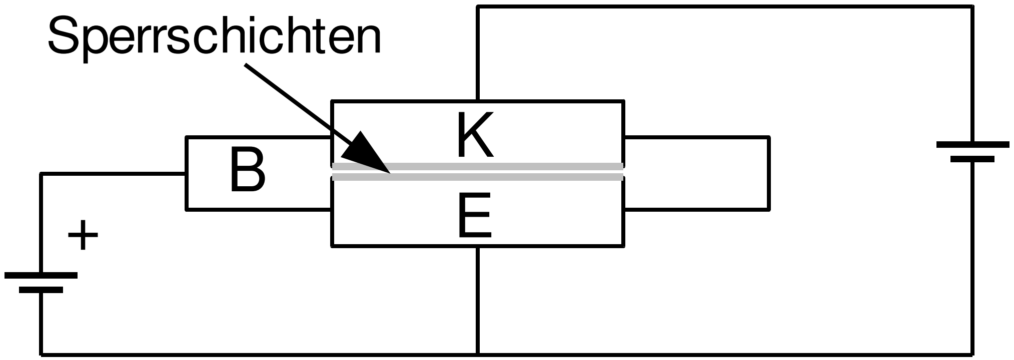
- Typ (NPN oder PNP)
- Stromverstärkung
- maximale Kollektorspannung
- maximaler Kollektorstrom
- Grenzfrequenz

T24, Der Transistor – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

►



T24, Der Transistor – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

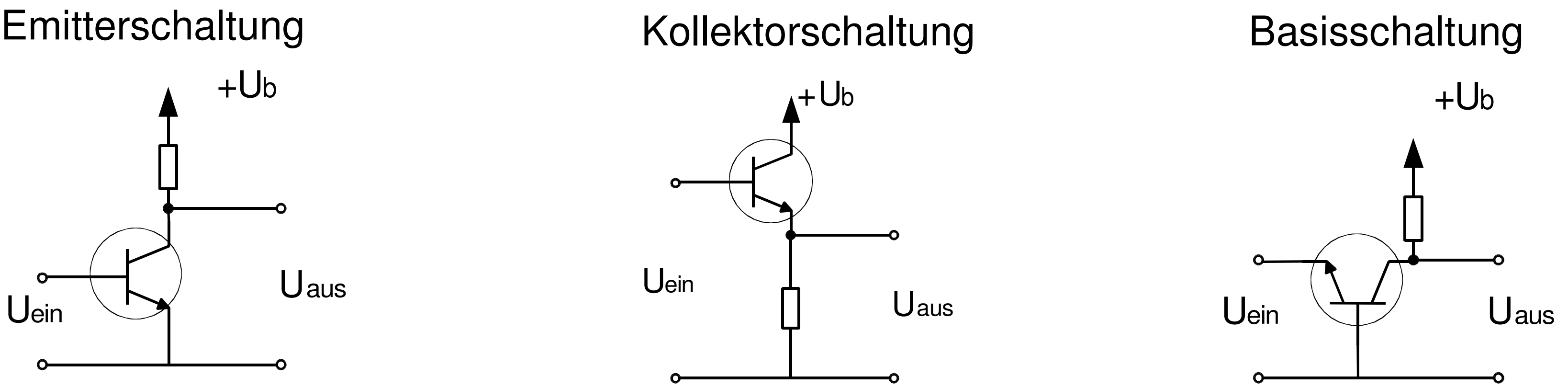


Zwischen Basis und Emitter bzw. Basis und Kollektor bilden sich die beiden Sperrschichten (Rekombination) aus. Weil die Basis sehr dünn und schwach dotiert ist, können die Elektronen bei fließendem Basisstrom auch die B-K-Sperrschicht überwinden und über den Kollektor-Anschluss abfließen. Damit kann der Kollektorstrom durch einen im Verhältnis dazu kleinen Basisstrom gesteuert werden.

Der Transistor verhält sich wie ein elektrisch gesteuerter, veränderlicher Widerstand.

Strom fließt erst, wenn Basisstrom fließt, d.h. wenn die Spannung Ube zwischen Basis und Emitter mindestens +0,7 V (für Si-Transistoren) beträgt (siehe Sperrschicht einer Diode).

T24, Der Transistor – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung / Grundschaltungen ►



Die Transistor-Grundschaltungen werden nach dem gemeinsamen Anschlusspunkt (Basis, Emitter, Kollektor) bezeichnet. Jede Schaltung weist besondere Eigenschaften auf, die entsprechend dem Anwendungsfall ausgewählt werden.

<u>Emitterschaltung</u>: Verstärkerschaltungen (Ein- und Ausgang sind 180° phasenversetzt)
<u>Kollektorschaltung</u>: Impedanzwandlung, Entkopplung, Verstärkung = 1
<u>Basisschaltung</u>. Wie Emitterschaltung, Ein- und Ausgang in Phase

T24, Der Transistor – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung / Sonderformen

Der Feldeffekt-Transistor (FET):

Während die bisher behandelten „Bipolar-Transistoren“ durch Strom gesteuert werden, erfolgt beim FET die Steuerung des Stromflusses durch die Spannung am Gate.
Anschlüsse: Drain, Source, Gate

Der Dünnschicht-Transistor (TFT, thin film transistor):

Ist nahezu durchsichtig und wird in TFT-Displays zur Darstellung der drei Grundfarben (rot, grün, blau) verwendet (drei TFT je Pixel).

Der Photo-Transistor:

Die Steuerung des Stromflusses zwischen Kollektor und Emitter erfolgt durch den Einfall von Licht. Dies hat den selben Effekt wie ein Stromfluss beim bipolaren Transistor
Anschlüsse: Kollektor, Emitter (die Basis wird zumeist weggelassen)

T25. Die Elektronenröhre – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

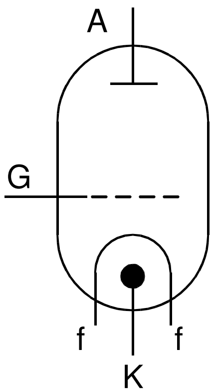
In einem luftleeren Glaskolben befinden sich 2 oder mehr Elektroden. Eine davon, die Kathode wird durch einen Heizfaden zum Glühen gebracht und emittiert dadurch freie Elektronen. Die gegenüberliegende Elektrode heißt Anode und fängt diese Elektronen auf. Ein Stromfluss ist deshalb nur in einer Richtung möglich. (Diode)
Wird zwischen Kathode und Anode noch eine gitterförmige Elektrode eingebracht, kann hier mit einer kleinen Spannungsänderung eine große Anodenstromänderung bewirkt werden. Damit entsteht eine Triode. Verwendung als Verstärker.

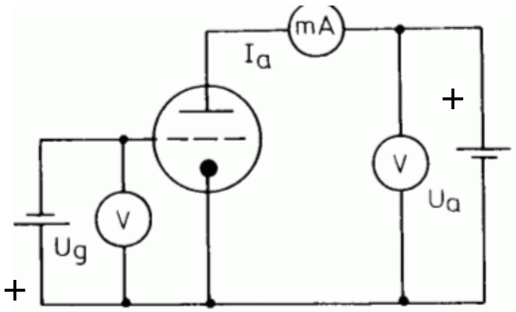
Röhren werden im Amateurfunk fast nur mehr für HF-Leistungsverstärker (PA) verwendet.

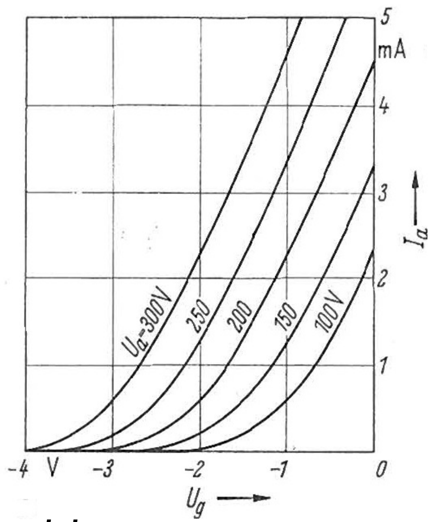
Schaltsymbol Triode:

Der Glühfaden wird bei der Zählung der Elektroden nicht mitgerechnet.

Fügt man noch Schirmgitter und Bremsgitter hinzu, entsteht die **Pentode.**



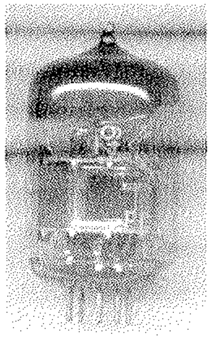




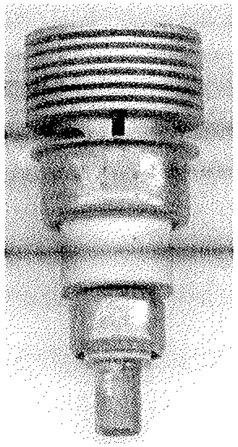
T25. Die Elektronenröhre – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

►

Röhren:



EC 8020
Vorstufenröhre



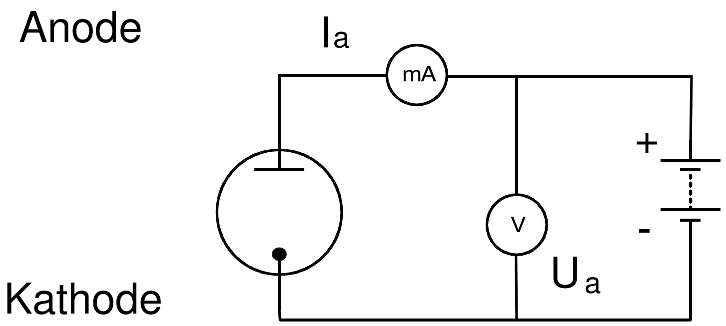
2 C 39 BA
Sendetriode Metall-Keramik



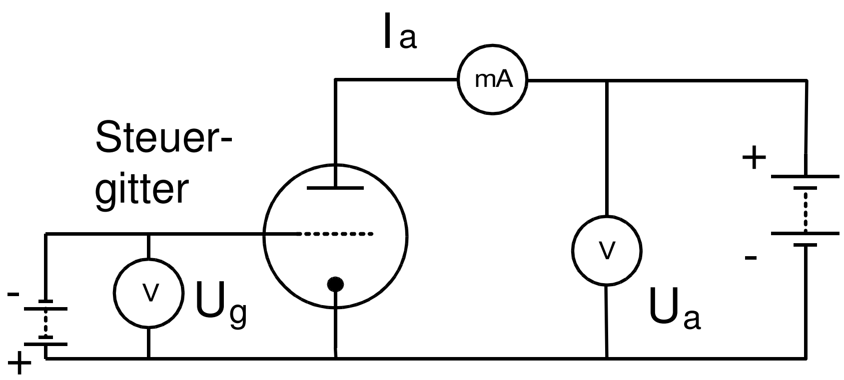


T25. Die Elektronenröhre – Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

Diode



Triode



T26. Arten von Gleichrichterschaltungen – Wirkungsweise

▶

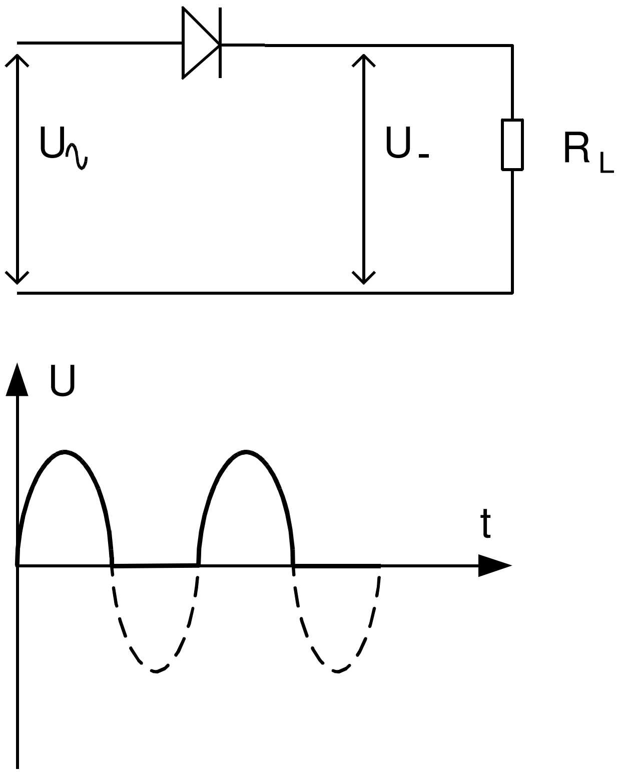
Einweg Gleichrichter: Es wird nur eine Halbwelle der Wechselspannung verwendet.
Hohe Restwelligkeit, 50Hz

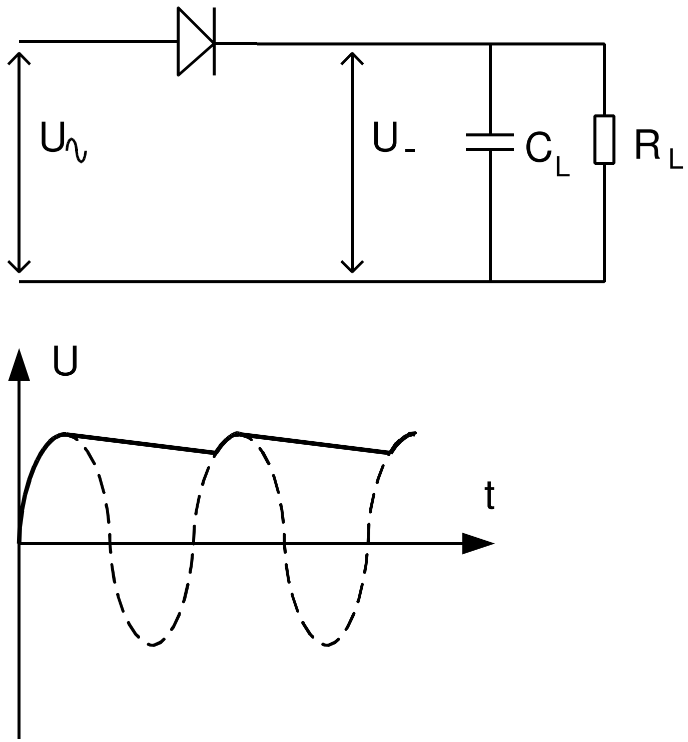
Doppelweg Gleichrichter: Es werden beide Halbwellen der Wechselspannung verwendet. „Mittelanzapfung“ beim Trafo nötig!
Geringere 100Hz Restwelligkeit.

Vollweg- oder Brückengleichrichter:
Beide Halbwellen werden verwendet, zudem ist nur eine Trafowicklung notwendig.
Geringere 100Hz Restwelligkeit.

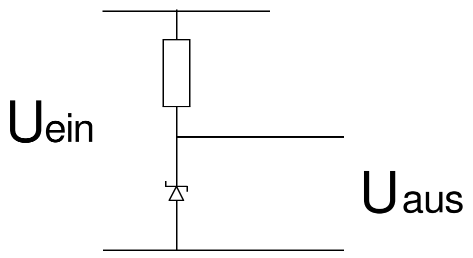
T26. Arten von Gleichrichterschaltungen – Wirkungsweise

Einweggleichrichtung ohne **und mit Ladekondensator**

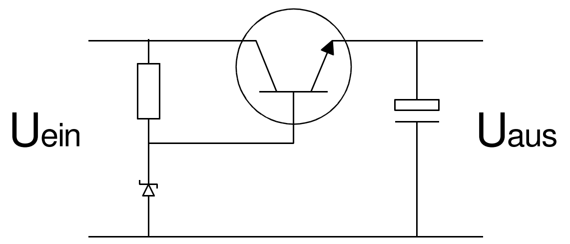




T27. Stabilisatorschaltungen

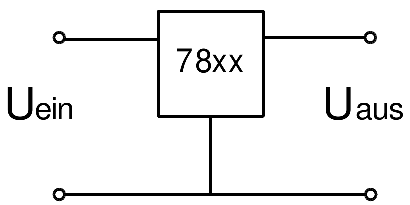


Mit einer Zenerdiode und einem Vorwiderstand zur Begrenzung des Stroms kann eine einfache Spannungsstabilisierung aufgebaut werden.



Ergänzt man die Schaltung um einen Längs-Transistor, erhöht sich der entnehmbare Strom und das Regelverhalten wird verbessert.

Die Ausgangsspannung ist um die B-E-Spannung kleiner als die Nennspannung der Zenerdiode



Festspannungsregler sind als fertig integrierte Schaltungen erhältlich.